

Son CHU-KY

Directeur adjoint de l'Ecole de Biotechnologie et Technologie Alimentaire de l'Institut Polytechnique de Hanoi

Exploration de la biodiversité et innovations technologiques pour la qualité et la sûreté » des aliments

Chu-Ky Son^{1,14*}, Li Wen Jun^{2 †}, Phi Quyet Tien³, Nguyen Thi Thanh Thuy⁴, Lai Quoc Phong⁵, Le Van Viet Man⁶, Le Nguyen Doan Duy⁷, Anil Kumar Anal⁸, Dao Thien⁹, Sophal Try¹⁰, Samira Sarter¹¹, Vu Thu Trang¹, Khieu Thi Nhan¹², Yves Waché^{13,14}

¹Institut Polytechnique de Hanoi (HUST), Vietnam

²Université de Yunnan (YU), Chine, † Université de Sun Yet Sun(SYSU), Chine

³Académie des Sciences et Technologies du Vietnam (VAST), Vietnam

⁴Université Nationale d'Agriculture du Vietnam (VNUA), Vietnam

⁵Institut de Recherche en Industrie Alimentaire (FIRI), Vietnam

⁶Institut Polytechnique de Ho Chi Minh ville (HCMUT), Vietnam

⁷Université de Can Tho (CTU), Vietnam

⁸Institut Asiatique de Technologie (AIT), Thaïlande

⁹Université de l'Industrie Alimentaire de Ho Chi Minh-Ville (HUFA), Vietnam

¹⁰Institut de Technologies du Cambodge, Cambodge

¹¹ CIRAD, France

¹²Département de Science, Technologie et Environnement, Ministère d'Education et de Formation, Vietnam

¹³AgroSup Dijon, France

¹⁴Laboratoire International Associé UB/AgroSup Dijon/HUST "Tropical Bioresources & Biotechnology"

*Email: son.chuky@hust.edu.vn

Résumé

La qualité et sûreté des aliments jouent un rôle important au Vietnam et dans la région de l'Asie du Sud Est. Dans son programme intégral, l'ASEAN met la sûreté des aliments parmi des 12 priorités. Plusieurs travaux ont été focalisés sur l'exploration de la biodiversité et des innovations technologiques en Asie du Sud Est afin d'améliorer la qualité et de gérer la sûreté des aliments. C'est pour ces raisons, nous avons créé un réseau régional avec les soutiens des partenaires francophones et non-francophones en se basant sur les besoins de la région, l'expertise des partenaires et les coopérations étroites. **Ce réseau est composé des 10 partenaires dynamiques et actifs** provenant de la France, la Thaïlande, la Chine, et le Vietnam qui ont fait partie du Pré-projet de Coopération Scientifique Interuniversitaire

PCSI (<http://pcsi2013.hust.edu.vn>) de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) et le Laboratoire International Associé UB/AgroSup Dijon/HUST "Tropical Bioresources & Biotechnology"(www.umar-pam.fr/relation-internationale/tropical-bioresources-biotechnology.html). Notre présentation partagera nos expériences pour monter ce réseau à travers les régions et avec les partenaires francophones, souligner nos activités de recherche multidisciplinaires ainsi que notre point de vue vis-à-vis les interactions Nord-Sud et Sud-Sud. Nous allons aborder nos résultats issus de différents projets associés à ce réseau donc tels que la biodiversité des actinomycètes associés aux plantes médicinales, les bactéries lactiques dans les produits traditionnels fermentés du Vietnam et la valorisation de l'agriculture (riz, manioc) et leurs sous-produits par voies biologiques.

Mots clés: biodiversité, innovations technologiques, qualité et sûreté des aliments, Asie du Sud Est

1. Introduction et problématique

La sûreté ou la sécurité sanitaire des aliments représente un enjeu majeur de santé publique. Elle est une des priorités retenues dans le plan d'action des sciences et technologies de l'ASEAN (*Montet et al.* 2010). Dans le contexte actuel de globalisation des échanges et d'intensification des systèmes de production en Asie, une recherche, concertée et coordonnée au niveau régional, sur la sécurité sanitaire des aliments est fortement recommandée comme cela a été souligné dans le cadre du Projet FP7 SEA-EU-NET (Facilitating the Bi-Regional EU-ASEAN Science and Technology Dialogue, 2007-2011). Renforcer la coopération régionale permettrait ainsi d'appréhender ces problématiques qui sont communes à plusieurs pays comme la contamination des denrées alimentaires (microorganismes pathogènes, antibiotiques, résistance des pathogènes) et qui compromettent les échanges commerciaux (sud-sud ou nord-sud), la durabilité des systèmes de production et la santé des consommateurs dans la région. Les études récentes réalisées dans plusieurs pays de l'Asie du Sud Est, ont montré que les viandes vendues sur les marchés étaient contaminées par des bactéries pathogènes résistantes aux antibiotiques dans des proportions élevées (Sarter et al. 2007 ; Thi et al. 2007, Truong et al. 2012).

Dans ce contexte, ce pré-projet PCSI propose de développer des recherches pour explorer les biodiversités végétale et microbienne dans la perspective de caractériser de nouvelles substances naturelles antimicrobiennes pour améliorer la qualité et la sécurité sanitaire des produits alimentaires. En effet, la région de l'Asie du Sud Est dispose d'une riche biodiversité, autant pour les ressources végétales, que microbiennes. Les plantes médicinales au Vietnam approchent les 4000 espèces, dont 120 sont utilisées dans la médecine traditionnelle par les minorités ethniques dans les montagnes du nord du pays et 700 espèces sont répertoriées dans la littérature grise. La diversité des aliments fermentés jouent également un rôle essentiel dans la diversité microbienne. Ceux-ci sont très largement basés sur des produits artisanaux sollicitant la fermentation spontanée donnant lieu à un riche écosystème microbienne. Les aliments traditionnels fermentés restent une source importante de microorganismes utiles pour différentes applications (ferments, probiotiques, antimicrobiens, biocatalyse). Mais ces processus artisanaux incontrôlés sont aussi le risque de contaminations par des microorganismes pathogènes.

L'industrialisation des produits fermentés dans les pays occidentaux a entraîné une perte importante des caractéristiques organoleptiques, d'où la demande de nos jours de processus et de ferments qui sauvegardent les propriétés sensorielles des produits. Dans les pays tropicaux, la diversité sensorielle est maintenue car la majorité des modes de production sont encore artisanaux et familiaux mais ceux-là sont menacés par les problèmes sanitaires liés au manque d'hygiène ou la variabilité des matières premières (Nout and Kiers 2005) .

Dans ce contexte, l'Institut Polytechnique de Hanoi (HUST) mène depuis plusieurs années, un programme de recherche sur les produits fermentés traditionnels (Nem chua, Tom chua, Nuoc mam) pour montrer leur intérêt nutritionnel, mais aussi leur intérêt en tant que source d'innovation pour améliorer la qualité des produits traditionnels. Une étude sur la microbiologie des légumes fermentés dans les marchés de Hanoi a montré que malgré la dominance des bactéries lactiques, les produits avaient une qualité insatisfaisante due à des concentrations élevées de coliformes, *Escherichia coli*, ou de levures et de moisissures. Ces produits fermentés souffrent encore largement de la variabilité de la qualité de la matière première et des conditions d'hygiène. L'utilisation de cultures starters sélectionnées peut dans ce cas améliorer la qualité sanitaire en faisant intervenir des mécanismes d'antagonisme qui inhibent les bactéries pathogènes.

Les bactéries lactiques produisent en effet une large gamme de composés antimicrobiens qui inhibent la croissance d'autres bactéries indésirables, et confèrent également des caractéristiques sensorielles typiques au produit.

Une étude récente sur la diversité microbienne du *nem chua* (saucisse traditionnelle à base de viande de porc) a montré que la population de bactéries lactiques était constituée de *Lactobacillus plantarum* (67.6%), *Pediococcus pentosaceus* (21.6%), *L. brevis* et *L. farciminis* (1.4%). Plusieurs souches de *L. plantarum* ont été sélectionnées à partir de ce travail pour leur effet antagoniste contre des bactéries contaminants comme *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. L'utilisation des bactéries lactiques comme ferment a également eu un effet positif sur les caractéristiques sensorielles du produit fini (Cao-Hoang et al., 2013).

Par ailleurs, l'émergence au niveau mondial, de bactéries résistantes aux antibiotiques, tant chez l'homme que chez l'animal, est devenue une préoccupation majeure en santé publique et en santé animale. La résistance des principaux pathogènes humains transmis par les aliments est liée à l'usage des antibiotiques chez les animaux (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Campylobacter* spp., *Vibrio* spp.). Ainsi, la résistance des bactéries pathogènes est une menace, non seulement en tant que source de maladies, mais aussi parce que leurs gènes de résistance peuvent facilement se propager à d'autres microorganismes pathogènes le long de la chaîne alimentaire. En effet, plusieurs mécanismes de mobilité génétique participent à la dissémination horizontale des gènes de résistance entre les cellules et confèrent le phénotype de multi-résistance aux bactéries. Par ailleurs, le stress induit par les antibiotiques augmenterait la compétence des bactéries leur permettant d'intégrer plus facilement des gènes de résistance (ADN exogène). Dans le contexte actuel de globalisation du commerce, plusieurs organisations internationales (OMS, FAO, OIE, EFSA) préconisent le développement de stratégies pour réduire l'usage des antibiotiques dans les élevages animaux. Dans ce domaine, le pré-projet propose d'explorer de nouveaux antimicrobiens basés sur les substances naturelles : soit à partir des extraits de plantes (huiles essentielles), soit à partir des bactéries associées aux plantes (actinomycètes endophytes) (Rajasabapathy et al., 2015).

En effet, les extraits de plantes médicinales constituent une source riche en molécules antimicrobiennes à la base des médecines et des savoir-faire traditionnels. A ce titre, les huiles essentielles (fraction volatile des plantes) sont connues pour leurs propriétés antimicrobiennes, comme cela a été rapporté pour plusieurs types d'huiles comme le girofle, le thym, la marjolaine ou l'origan contre des espèces pathogènes tel que *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Shigella dysenteriae*, *Bacillus cereus* ou *Staphylococcus aureus*. Les huiles essentielles ont des compositions chimiques complexes pouvant contenir jusqu'à une centaine de composés différents qui peuvent produire des effets synergétiques ou antagonistes entre eux. Parmi les composés actifs rapportés dans la littérature, nous pouvons citer les molécules suivantes : linalool, 1,8-cineole, α -terpineol, terpinen-4-ol, α -pinène, β -pinène, β -caryophyllène, α -phellandrene, p-cymène. Outre l'inhibition des pathogènes, les huiles essentielles actives peuvent aussi augmenter la durée de vie des produits alimentaires en inhibant le développement des flores d'altération. Ainsi, les huiles d'origan et de cannelle ont été actives pour améliorer la durée de vie de poisson emballé sous-vide en inhibant la bactérie d'altération, *Photobacterium phosphoreum* (Mejlholm et al., 2002). Cependant, peu de conservateurs alimentaires contenant des huiles essentielles sont développés sur le marché.

En plus des plantes, les microorganismes sont aussi une source importante pour la production de substances bioactives. A ce titre, les actinobactéries qui sont des bactéries à Gram positif associées aux plantes et le sol sont une source de métabolites secondaires riches en composés antibiotiques (*Streptomyces* sp.).

Ainsi en 2002, sur 22.000 substances bactériennes actives produites, 45% provenaient des actinobactéries (Berdy 2005). Les recherches récentes dans ce domaine tentent d'explorer de nouveaux habitats, comme les actinobactéries symbiotiques (endophytes) associés aux tissus végétaux (racine, tige, feuille, fleur, fruit, grain).

Ces études montrent l'abondance des actinomycètes et de leurs composés fonctionnels s'agissant de plantes cultivées : blé, riz, carottes, tomates, pommes de terre.... Mais la diversité des actinobactéries endophytes associées aux plantes médicinales sauvages dans les forêts tropicales est peu documentée (Khieu et al., 2016).

Le Pré-projet de Coopération Scientifique Interuniversitaire (PCSI) intitulé « **Exploration de la biodiversité végétale et microbienne et innovation technologique pour la qualité et la sûreté des aliments** » a donc proposé de développer un cadre d'échanges et de concertations entre les partenaires pour construire des activités de recherche en partenariat sur ces thématiques innovantes répondant aux priorités régionales (Asie du Sud-est) et s'intégrant dans les programmes de recherche des institutions partenaires (Institut Polytechnique de Hanoi - Université de Can Tho - CIRAD - Université de Yunnan - Académie des Sciences et Technologies du Vietnam – Institut de Recherche en Industrie Alimentaire – Université Nationale d'Agriculture du Vietnam - Institut Polytechnique de Ho Chi Minh ville, Institut Asiatique de Technologie (AIT), Université de l'Industrie Alimentaire de Ho Chi Minh-Ville (HUFA)).

Ce projet PCSI dont la coordination a été assurée par le HUST, a eu pour objectif global d'appuyer les échanges entre les partenaires pour développer les activités de recherche dans le domaine de la valorisation des biodiversités végétale et microbienne pour la qualité et la sûreté des aliments.

Les objectifs principaux de ce PCSI étaient donc de :

- Etablir des groupes de travail d'experts pour coordonner les activités de recherche et de formation. Ces groupes de travail auront la charge d'identifier les besoins et faire des recommandations en termes de recherche et de formation dans le domaine de la valorisation des biodiversités végétale et microbiennes pour améliorer la qualité et la sécurité sanitaire des aliments. Les thématiques spécifiques qui seront animées par ces groupes sont : (i) caractérisation des activités antimicrobiennes et fonctionnelles des huiles essentielles, (ii) Identification de nouveaux antimicrobiens à partir des actinomycètes endophytes associés aux plantes médicinales, (iii) exploration de la diversité microbienne des produits fermentés traditionnels en Asie du Sud-Est, et (iv) Innovations technologiques et conservation des aliments pour hommes et pour animaux.
- Construire des programmes de recherche pertinents pour soumettre des projets à des appels d'offres nationaux, régionaux et internationaux. Les groupes de travail feront des propositions pour anticiper sur les besoins futurs en matière de recherche dans le domaine de la qualité et la sûreté des aliments en tenant compte des travaux d'autres plateformes existantes au niveau international.

Les activités du projet ont porté sur :

- Intégration des experts de nouvelles institutions membres de l'AUF, autres que celles francophones
- Organisation d'un séminaire régional pour présenter et discuter les activités des groupes de travail portant sur les thématiques du projet
- Initiation d'un programme de recherche, d'échanges et de mobilité des chercheurs entre les partenaires
- Dissémination des résultats de recherche et préparer des propositions de projets

2. Résultats

2.1 Intégration des nouveaux partenaires et construction et mise en ligne du site web du PCSI

2.1.1 Intégration des nouveaux partenaires

- En dehors des huit partenaires initiaux du projet dont la plupart sont francophones et membres de l'AUF:

- Institut Polytechnique de Hanoi (IPH)
- Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)
- Université de Yunnan (YU)

- Académie des Sciences et Technologies du Vietnam (VAST)
- Université Nationale d'Agriculture du Vietnam (VNUA)
- Institut de Recherche en Industrie Alimentaire (FIRI)
- Institut Polytechnique de Ho Chi Minh ville (HCMUT)
- Université de Can Tho (CTU)

- Les trois nouveaux partenaires sont devenus partenaires associés :

- Institut Asiatique de Technologie (AIT) (membre de l'AUF), Thaïlande
- Université de l'Industrie Alimentaire de Ho Chi Minh-Ville (HUFA), Vietnam
- Institut Technologique du Cambodge (ITC), France
- AgroSup Dijon, France

2.1.2 Construction et mise en ligne du site web du PCSI (<http://pcsi2013.hust.edu.vn>)

Un site web officiel du PCSI a été construit et mis en ligne sur le serveur du HUST (<http://pcsi2013.hust.edu.vn>). Ce site web en français et anglais sert d'une plateforme pour présenter le projet tels que les objectifs, les partenaires, les activités. Ce site sert également d'une plateforme pour les partenaires du projet pour échanger sur leurs expertises et leurs capacités afin de préparer des propositions de coopération dans le futur. Ce site web, « lisible » au niveau régional et international, est une voie pour promouvoir la coopération dans le monde de la francophonie.

2 Organisation des deux ateliers internationaux « Exploration de la Biodiversité pour le Développement Durable en Asie du Sud-Est (EBSEA) »

Les objectifs de ces ateliers EBSEA étaient de promouvoir le partage des connaissances et des expériences dans le domaine de la biodiversité végétale et microbienne et de la biotechnologie dans la région de l'Asie du Sud-Est, ainsi que de renforcer les liens existants et de mettre en place des nouvelles coopérations entre les scientifiques et les experts dans le domaine.

Les ateliers EBSEA organisés en 2013 et 2014 se sont focalisés sur les thématiques suivantes : la diversité végétale et microbienne dans la région, les composants bioactifs et leurs applications dans la production alimentaire, aquaculture et dans l'industrie pharmaceutique et les innovations dans les procédés biologiques, agroalimentaires et dans la préservation des aliments.

Plus d'une centaine de participants venant d'une vingtaine d'institutions de France, de Chine, de Thaïlande et du Vietnam ont participé à cet atelier parmi lesquels les représentants de l'IPH, du CIRAD, de l'Université du Yunnan, de l'Institut Asiatique des Technologies, d'AgroSup Dijon, de l'Académie des Sciences et des Technologies du Vietnam, de l'Institut de Recherche en Industrie Alimentaire de l'Université d'Agriculture de Hanoi, de l'Association de la Nutrition du Vietnam, ainsi que de nombreux établissements d'enseignement supérieur du Vietnam (l'Université d'Agriculture et de Forêt de Thai Nguyen, Université de Hung Vuong, École Normale Supérieure de Hanoi, Université du Nord-Ouest, Institut de Recherche et d'Application de la Technologie de Nha Trang, Université de Da Nang, Institut Polytechnique de Ho Chi Minh ville, Université de Can Tho...). Une vingtaine de présentations, suivies de discussions très riches ont été faites sur des sujets comme la biodiversité de la région, les innovations technologiques en agro-alimentaires et la préservation des aliments. Ces rencontres ont été également une bonne opportunité pour approfondir les échanges, le partage d'expériences et de savoirs faire et pour l'établissement de nouvelles collaborations entre les partenaires du projet et les participants à l'atelier.



La session d'ouverture de l'atelier EBSEA 2013

Les sites web officiels et des ateliers EBSEA (<http://ebsea.hust.edu.vn>) ont été également construits et mis en ligne.

La réunion entre les partenaires officiels et associés du projet PCSI a été organisée à l'issue de l'atelier. Elle a eu pour but de présenter les capacités et le potentiel de coopération des différents partenaires, d'identifier de nouveaux axes de recherche, de constituer des groupes de travail pour les thématiques prioritaires et d'établir un plan de travail pour les activités en cours. Les partenaires du PCSI ont identifié deux grands axes de coopération :

- a) la biodiversité végétale focalisée sur le pouvoir antimicrobien des extraits de plantes pour améliorer la qualité et sûreté des aliments,
- b) la biodiversité microbienne dont les actinobactéries associées à des plantes médicinales et les bactéries lactiques présentes dans des produits naturellement fermentés.



Les participants de la réunion des partenaires du PCSI

3. Initiation des programmes de recherche, mobilité de chercheurs et programme de formation et recherche

Dans le cadre du PCSI, différentes activités d'échanges ont été organisées dont les missions d'une dizaine représentants des partenaires au PCSI à Hanoi, ont eu pour objectif de participer aux 2 ateliers EBSEA2013 et EBSEA2014 et à la réunion des partenaires du PCSI. Nous avons organisé différentes visites de terrain pour prélever des échantillons de plantes médicinales dans le Nord du Vietnam (Hoa Binh, Ha Nam et Hung Yen), 3 stages pour les doctorants à l'YU et au CIRAD durant le

projet et des réunions entre des partenaires pour discuter et préparer des propositions de projets soumis à différents bailleurs de fond.

De plus, nous avons développé et co-encadré les trois thèses cotutelles sur les thématiques du projet dont :

« Biodiversité et bioactivités des bactéries endophytes associées à *Dracaena cochinchinensis* (Lour.) S. C. Chen distribuées dans le Sud de la Chine et le Nord du Vietnam » : thèse cotutelle financée par le Gouvernement de la Chine et co-encadrée par le YU et le HUST (2012-2015).

« Caractérisation et mode d'action des huiles essentielles antibactériennes et application à la réduction des bactéries résistantes aux antibiotiques en aquaculture » : thèse cotutelle financée par le CIRAD et co-encadrée par le CIRAD et le HUST (2014-2017).

« Développement du procédé Liquéfaction, Saccharification et Fermentation Simultanées à haute gravité pour la production d'éthanol et valorisation des sous-produits pour l'alimentation humaine » : thèse cotutelle financée par le Gouvernement de France et co-encadrée par l'AgroSup Dijon et le HUST (2016-2018).

4. Dissémination des résultats propositions de projets

Nous avons publié une revue scientifique (Cao-Hoang et al., 2013) et une dizaine d'articles dans différents journaux internationaux et nationaux. Suite à ce PCSI, différents projets issus des thématiques sont en cours dont:

Les projets « Biodiversité, Capacités Biosynthétiques des substances antimicrobiennes, antibiotiques et anti-cancéreuses des actinobactéries endophytes associées à des plantes médicinales dans le Nord du Vietnam » qui sont financés par le Ministère de l'Éducation et de Formation et l'Académie des Sciences et Technologies (VAST) qui sont en cours de réalisation pour la période 2014-2017. Ces projets réunissent les 3 partenaires francophones dont le HUST, la VAST, l'Université Sun-Yet-Sun, Chine.

Dans ces projets, nous focalisons sur les actinobactéries associées à des plantes médicinales du Vietnam telles que le cinnaon (*Cinnamomum cassia Presl.*), le sang du dragon (*Dracaena cochinchinensis Lour.*), May Chang (*Litsea cubeba Lour.*) sont collectées à partir des différents endroits du Vietnam, sont isolées et étudiées pour la biodiversité, la classification génétique et la caractérisation des activités anticancéreuses, antimicrobiennes. Nous avons isolé des centaines des souches actinomycètes chez les 3 plantes médicinales collectées dans les provinces Hoa Binh, Phu Tho, Ha Nam. Les souches isolées présentent des forts pouvoirs antimicrobiens contre des pathogènes tels que *Proteus vulgaris* CNLM; *Escherichia coli* ATCC 11105; *Sarcina lutea* CNLM, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Candida albicans* ATCC 10231; 12.8% inhibited *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium ATCC 14028. L'amplification des gènes liés à des systèmes synthétisant des antibiotiques comprenant les polyketide synthases type I (PKS-I), polyketide synthases type II (PKS-II) et les nonribosomal peptide synthetases (NRPS) ont déterminé un certain nombre de souches possèdent les gènes PKS-I, PKS-II et NRPS. Les structures des antibiotiques produits par des actinobactéries isolées chez *D. cochinchinensis Lour.*, *Litsea cubeba Lour.* ont été purifiées et élucidées. De plus, nos résultats montrent que les extraits bruts des certaines souches possèdent également des activités anticancéreuses contre des cellules Hep-G2 (liver cancer cell line); RD (cardiac and skeletal muscle letters cell line); FL (membrane of the uterus cancer cell line). Les résultats issus de ces projets sont très potentiels et prometteurs pour la biotechnologie au Vietnam et dans la région (Quach et al., 2014).

Les projets « Développement du procédé Liquéfaction, Saccharification et Fermentation Simultanées à partir du riz pour la production d'éthanol et valorisation des sous-produits pour la production des ingrédients des aliments pour animaux » qui sont financés par le Ministère de l'Éducation et de Formation et le Ministère des Sciences et Technologies du Vietnam qui sont en cours de réalisation pour la période 2013-2016. Ces projets réunissent les 3 partenaires francophones dont le HUST, le

VNUA, la distillerie Viet Phap et l'Institut RD pour la Biologie et Nutrition Animale (IBNA), Roumanie. Les objectifs de ce projet étaient donc de :

- (I) développer le procédé Liquéfaction, Saccharification et Fermentation Simultanées (SLSF) à partir du riz pour la production d'éthanol ;
- (II) améliorer les survaleurs des sous-produits des distilleries d'éthanol pour la production des ingrédients des aliments pour animaux donc réduire les imports des matières premières pour aliments pour animaux;
- (III) de caractériser les sous-produits a base de riz et de manioc;
- (IV) améliorer la performance et l'état de santé des poulets et les porcs par l'utilisation des sous-produits comme suppléments et
- (V) d'évaluer les impacts économiques et environnementaux du procédé SLSF et des aliments à base des DDG (, Nguyen et al., 2014 ; Chu-Ky et al., 2016).

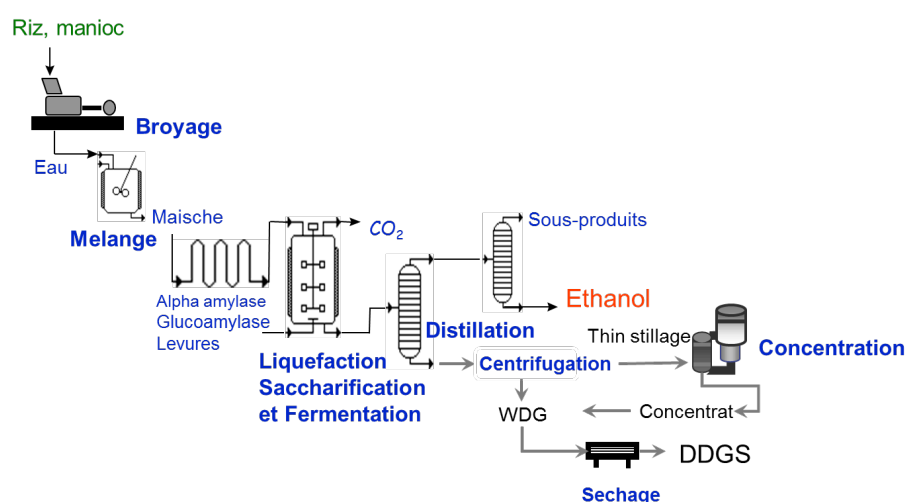


Figure 1. Procédé Liquéfaction, Saccharification et Fermentation Simultanées à partir du riz pour la production d'éthanol et valorisation des sous-produits pour la production des ingrédients des aliments pour animaux

Valorisation de souches microbiennes pour des applications industrielles et biotechnologiques

L'utilisation de micro-organismes comme catalyseurs pour produire des produits fermentés, des composés d'intérêt (ingrédients, composés actifs, synthons) ou stimuler une réponse immunologique (probiotique) est importantes dans l'activité mondiale. La biocatalyse est aussi une bonne occasion de réduire l'impact environnemental des activités industrielles. Cette activité nécessite la présence de souches, disponible pour la fermentation. En particulier, il est important d'avoir un débit disponible de nouvelles souches pour développer des procédés biotechnologiques. En effet, la découverte de nouveaux micro-organismes présentant des propriétés spécifiques peut stimuler et même révolutionner certains procédés (Waché et al., 2015).

Dans tous les cas, même pour un biocatalyseur classique, l'isolement de nouvelles souches est un bon début. Toutefois, ce point n'est pas aussi facile qu'il n'y paraît. En particulier, une préoccupation croissante est la difficulté de trouver de «nouvelles» souches dans l'environnement des pays développés. En effet, après isolement et caractérisation de votre souche candidate, il est de plus en plus fréquent de découvrir que le biocatalyseur potentiel isolé de l'environnement appartient à une souche protégée connues et qui n'est pas libre de droits. Des compagnies de pays du nord proposent donc de cribler l'environnement de pays du sud pour trouver des souches intéressantes. Il est vrai que certains de ces pays contiennent une bonne diversité microbienne dans l'environnement ainsi que dans leurs aliments fermentés traditionnels. Certaines souches tropicales peuvent présenter également quelques spécificités intéressantes (température optimale supérieure, sensibilité

différente à la déshydratation, etc.). Tous ces avantages sont rencontrés dans des pays du Sud-Est Asiatique et en particulier au Vietnam, comme expliqué dans (Cao-Hoang et al, 2013). Cependant, le cas cité plus haut des entreprises occidentales criblant la diversité asiatique est assez fréquent et, malgré la présence de nombreuses collections de souches dans les pays d'Asie du Sud-Est, leur valorisation n'est pas satisfaisante en raison de la difficulté de caractériser les souches et de les manipuler.

Le présent projet, né des rencontres EBSEA, se propose de contribuer à structurer la valorisation industrielle de souches microbiennes d'intérêt en Asie du Sud-Est. Il fait intervenir les différents partenaires du PCSI plus quelques autres et il mobilise le FIRI qui gère la collection nationale de souches industrielles du Vietnam et l'ITC qui veut mettre en place une collection similaire pour le Cambodge. Les domaines d'application de souches seront réduits au commencement à des applications dans lesquelles les partenaires sont impliqués ou sont des experts: Utilisation de bactéries lactiques pour la fermentation et pour des applications probiotiques, utilisation de levures et de champignons pour valoriser les sous-produits de l'agriculture et pour produire des composés d'intérêt, composés antimicrobiens issus de microbes. Avec ces trois applications à l'origine, les partenaires discuteront des moyens de conserver et caractériser les souches (qui resteront la propriété de leur propriétaire initial) pour atteindre une collection virtuelle montrée dans un site web décrivant les souches et de proposer une manière unifiée pour fournir des souches aux utilisateurs (recherche académique et laboratoire industriels).

La création le laboratoire international *Tropical Bioresources & Biotechnology* pour valoriser la biodiversité de l'Asie du Sud-Est

Au moment de l'ouverture du Vietnam vers le monde occidental il y a une trentaine d'années, l'ENSBANA avait été sollicitée pour parrainer le département agro-alimentaire de l'Institut Polytechnique de Hanoi (HUST), première université technologique du pays. Depuis, l'aventure a continué, s'est étendue à d'autres universités du Vietnam mais aussi aux pays voisins. Des dizaines d'étudiants Asiatiques et Français ont bénéficié de ces liens pour étudier ou réaliser des stages de part et d'autre du continent Eurasien. Les années passant, les anciens ont intégré leurs entreprises dans le réseau, permettant d'enrichir les listes de projets industriels/stages pour les étudiants d'AgroSup Dijon et de développer des projets internationaux de R&D (<https://www.linkedin.com/groups/AgroAsie-FrenchAsian-bicultural-network-in-8193292>).

Dans les dernières années, comme un aboutissement à ces liens, un laboratoire international, appelé *Tropical Bioresources & Biotechnology* a été créé entre l'UMR PAM de Dijon et le HUST, regroupant également un réseau d'universités associées du Cambodge, de Thaïlande, de Chine, de Malaisie, de Singapour et de France (<http://www.umn-pam.fr/relation-internationale/tropical-bioresources-biotechnology.html>):

Thèmes:

- + Aliments fermentés tropicaux
- + Substances bioactives tropicales
- & 1 réseau en bioencapsulation:

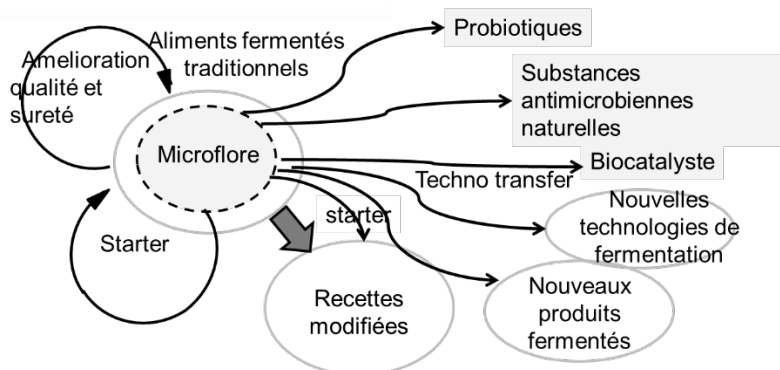


Figure 2. Les axes du Procédé Liquéfaction, Saccharification et Fermentation Simultanées à partir du riz pour la production d'éthanol et valorisation des sous-produits pour la production des ingrédients des aliments pour animaux

Les projets de ce laboratoire "sans murs" concernent l'étude des produits fermentés traditionnels (légumes, céréales, viandes, poissons) afin d'améliorer leur qualité et hygiène en Asie, mais aussi et surtout, pour s'en inspirer pour créer de nouveaux produits fermentés en Europe et pour sélectionner des souches microbiennes capables de fermenter, produire des arômes ou d'autres composés d'intérêts, dégrader des facteurs antinutritionnels etc. A côté de cet intérêt pour les microbes, le laboratoire travaille également à la valorisation de plantes asiatiques et de leurs huiles essentielles. Des travaux sont menés sur des super fruits, des légumes ou fleurs capables d'apporter antioxydants, antimicrobiens, colorants naturels, arômes et parfums...

Ce laboratoire est également le lieu de développement technologique et d'écoles thématiques sur de la microencapsulation, de l'extraction ou d'autres technologies. Il permet en particulier une rencontre entre l'Asie, région historique de développement de la fermentation en milieu solide, et la Plateforme de Redéveloppement en Biotechnologie de Dijon, plus important centre pilote en Europe dans ce domaine.

Enfin, un des objectifs du laboratoire est le transfert et la valorisation vers des entreprises en agro-alimentaire, produits santé ou alimentation animale d'Asie (actuellement des projets en fermentation du soja et en aliments enrichis en actifs végétaux) et d'Europe (légumes et légumineuses fermentés, antioxydants végétaux...). Le laboratoire héberge également un projet de start-up pour la valorisation de végétaux par fermentation.

4. Conclusion

Ce PCSI vise à établir des groupes de travail d'experts pour coordonner les activités de recherche et de formation dans le domaine de la valorisation des biodiversités végétale et microbiennes pour améliorer la qualité et la sécurité sanitaire des aliments ; et de construire des programmes de recherche pertinents pour soumettre des projets à des appels d'offres nationaux, régionaux et internationaux. Les groupes de travail feront des propositions pour anticiper sur les besoins futurs en matière de recherche dans le domaine de la qualité et la sûreté des aliments en tenant compte des travaux d'autres plateformes existantes au niveau international.

Remerciements :

Ces travaux ont été réalisés avec les soutiens de l'Agence Universitaire de la Francophonie (projet PCSI 54410PS202), du Ministère Vietnamien des Sciences et Technologies (projet 15/2014/HD-NDT), du Ministère Vietnamien de l'Education et de la Formation (projets B2013.01.07DA et B2014.01.79), de l'Académie des Sciences et Technologies du Vietnam (projets

NV02-PTNTD 2015 et VAST04.07/16-17), du CIRAD, l'AgroSup Dijon et du laboratoire international associé UB/AgroSup Dijon/HUST «Tropical Bioresources & Biotechnology».

Références :

Cao-Hoang L, Chu-Ky S, Ho P H, Husson F, Le T B, Le-Thanh M, Nguyen T M K, Tran T H T, Tu V P, Valentin D, Waché Y. 2013. Tropical traditional fermented food, a field full of promise. Examples from the Tropical Bioresources and Biotechnology programme and other related French-Vietnamese programmes on fermented food. *International Journal of Food Science and Technology* 48, 1115-1126

Mejlholm O, Dalgaard P. Antimicrobial effect of essential oils on the seafood spoilage micro-organism *Photobacterium phosphoreum* in liquid media and fish products. *Lett Appl Microbiol.* 2002; 34(1):27-31.

Montet D. et al. (33 authors). Identification of topics of common interest for EU and SEA partners in the thematic "Food Quality, Safety and Traceability" towards a strengthening of Science and Technology collaboration between SE Asia and EU in the FP7 programmes. EU-Southeast Asia Expert meeting on Food Quality, Safety & Traceability. Bangkok, Thailand 2010-24-27 February 2009. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 2 (4), 158-164.

Nguyen C N, Le T M and Chu-Ky S. 2014. Pilot scale simultaneous saccharification and fermentation at very high gravity of cassava flour for ethanol production. *Industrial Crops and Products* 56, 160-165

Nout, M. J. R., & Kiers, J. L. (2005). Review: Tempe fermentation, innovation and functionality: update into the third millenium. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 789-805.

Sarter S., Nguyen H.N.K., Hung L.T., Lazard J., Montet D. Antibiotic resistance in Gram-negative bacteria isolated from farmed catfish. *Food Control* 2007, 18, 1391–1396.

Truong, H.T., Hirai, T., Nguyen, T.L., Yamaguchi, R. Antibiotic resistance profiles of Salmonella serovars isolated from retail pork and chicken meat in North Vietnam. *International Journal of Food Microbiology* 2012, 156, 147-151.

Thi, T.H.V., James, C., Chapman, T., Linh, T.T., Coloe, P.J. Safety of raw meat and shellfish in Vietnam: An analysis of *Escherichia coli* isolations for antibiotic resistance and virulence genes. *International Journal of Food Microbiology* 2008, 124, 217-223.

Quach N T, Khieu T N, Chu-Ky S, Vu T H N, Vu T T, Phi Q T. 2014. Assessment and screening of antimicrobial activities of endophytic actinomycetes associated with *Cinnamomum loureiri*. *Journal of Biotechnology*. 12 (2), 365-371

Khieu T N, Min-Jiao Liu, Salam Nimaichand, Ngoc-Tung Quach, Son Chu-Ky, Quyet-Tien Phi, Thu-Trang Vu, Tien-Dat Nguyen, Zhi Xiong, Manik Prabhu Deene and Wen-Jun Li. 2015. Characterization and evaluation of antimicrobial and cytotoxic effects of *Streptomyces* sp. HUST012 isolated from medicinal plant *Dracaena cochinchinensis* Lour. *Frontiers in Microbiology*, 6 (2015) (doi:10.3389/fmicb.2015.00574)

Rajasabapathy R, Mohandass C, Jung-Hoon Yoon, Syed Gulam Dastager, Qing Liu, Khieu T N, Chu-Ky S, Li W J and Colaco A. 2015. *Vitellibacter nionensis* sp. nov., isolated from a shallow water hydrothermal vent. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 65, 692–697

Waché Y, Ho P H, Phan-Thi H, Simonin H, Do T T L, Try S, Da Lorn, Le T M, Tu V P, Quan L H, Nguyen T M T, Anil Kumar Anal, Quyet-Tien Phi, Son Chu-Ky. 2015. Explorer la biodiversité pour trouver de nouvelles souches microbiennes pour les innovations de produits alimentaires. *La revue des industries alimentaires et agricoles*. Novembre-Décembre 2015 p. 27-29 (www.revue-iaa.fr/revues/a-709/)